Aus dem Hygienischen Institut zu Rostock.

Die Leistungen
des
Städtischen Wasserwerkes zu Rostock.

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doctorwürde
der
hohen medizinischen Facultät der Universität Rostock
vorgelegt von

Bernhard Geiping
prakt. Arzt in Sendenhorst in Westfalen.

Rostock.
Universitäts-Buchdruckerei von Adler's Erben.
1898.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552726_0023

Dem Andenken

meiner verstorbenen Mutter

in Dankbarkeit

gewidmet.

Der Verfasser.

Einer Anregung meines nunmehr verstorbenen Lehrers Uffelmann folgend habe ich es unternommen, die Leistungen des neuen, bei Beginn dieser Arbeit erst zum Theil vollendeten Wasserwerkes der Stadt Rostock nach Qualität und Quantität einer Prüfung zu unterwerfen, insbesondere festzustellen, welche Veränderungen das Wasser der Warnow durch die Sandfiltration erfährt, ehe es der Städtischen Wasserleitung übergeben wird.

Das liebenswürdige Entgegenkommen des Erbauers und Leiters des Wasserwerkes, des Herrn Hafenbaudirectors Kerner und des an demselben thätigen Ingenieurs Herrn Lohmann hat es mir ermöglicht, die hiezu nöthigen Untersuchungen auszuführen. Hiefür wie für viele meiner Arbeit förderlichen Winke und Notizen spreche ich den genannten beiden Herren meinen herzlichen Dank auch an dieser Stelle aus.

Den Ergebnissen meiner Arbeit schicke ich einige Mittheilungen über die frühere Wasserversorgung Rostocks und eine Schilderung der Anlage und Einrichtung des nunmehr fast ausschliesslich die Stadt Rostock mit Wasser versorgenden Werkes voraus.

Bis in die Mitte der 60er Jahre bezogen die Bewohner von Rostock ihr Wasser theils direct aus der Warnow, theils aus Pumpbrunnen. Letztere blieben zum Theil auch in Gebrauch, nachdem 1866

eine Wasserleitung, welche aus einem Arm der Warnow ihr Wasser entnahm und dasselbe nach Filtration durch eine ca. 1 m hohe Schicht weissen, nicht sehr feinkörnigen Sandes in der Stadt vertheilte, eingerichtet worden war. 1886/87 waren von den 3494 Häusern der Stadt 2905 an dieselbe angeschlossen, ausserdem speiste sie 31 öffentliche Brunnen [1]). Die Wassermenge, welche sie lieferte, betrug im genannten Jahre 979205 cbm d. i. pro Tag und pro Kopf der Bevölkerung (damals rund 40 000 Einwohner) 67 Liter, was als ein nicht genügendes Quantum bezeichnet werden musste. Desshalb, und weil bei sachverständiger Prüfung sich ergab, dass die Filteranlage technisch unzulänglich war — musste doch in Zeiten höheren Wasserbedarfs das Wasser der Warnow unfiltrirt in die Leitung gepumpt werden, da die Filterfläche zu klein war — und weil sie wegen ihrer Lage nicht erweitert werden konnte, entschloss sich die Verwaltung der Stadt, ein neues Wasserwerk mit grösseren Filteranlagen zu schaffen. Nach Erledigung der Vorarbeiten, an denen der Verein für öffentliche Gesundheitspflege in Rostock, Oberbaurath Salbach in Dresden, Oberingeneur Andreas Meyer in Hamburg und Baumeister Studemund in Rostock regen Antheil genommen, wurde 1890 mit dem Bau desselben begonnen. Am 4. Februar 1893 wurden zwei Filter desselben in Betrieb gesetzt und am 18. Juli 1894 ward auch das dritte Filter dem Gebrauch übergeben. Seit 1. April 1894 liefert das neue Wasserwerk ausschliesslich das Wasser in die städtische Leitung, während bis dahin noch das alte Wasserwerk mit seinen mangelhaften Anlagen zur Wasserversorgung, wenigstens zeitweise, herangezogen wurde.

---

[1]) Uffelmann, Hygienische Topographie der Stadt Rostock 1889, Seite 55.

Das Wasserwerk ist am südöstlichen Ende der Steinthorvorstadt auf dem Gelände östlich der Schwaaner Landstrasse erbaut[1]). Das Gelände fällt ziemlich steil zum Warnowthal ab; während die Landstrasse 16 Meter über Warnow-Null liegt, liegt das Terrain, auf dem sich der Schöpfbrunnen des Maschinenhauses befindet und das ca. 200 Meter von der Landstrasse entfernt ist, nur mehr 1,5 Meter über dem Warnowspiegel. Auf dem Geländetheil oberhalb des Maschinenhauses liegen die Filteranlagen und das Reinwasserbassin. Infolge der höheren Lage ersterer läuft das filtrirte Wasser mit natürlichem Gefälle dem Reinwasserbassin und den Schöpfstellen für das reine Wasser zu, während das Rohwasser auf die Filter gepumpt werden muss. Ein Einleiten unfiltrirten Wassers in das Sammelbassin ist hienach unmöglich.

Die Entnahme des Rohwassers aus der Warnow erfolgt mittelst eines Canals, der etwa 1 Kilometer oberhalb der Stadtgrenze abgezweigt ist und eine Länge von 500 Meter hat. Die Tiefe desselben ist 3 Meter, während die Warnow selbst durchschnittlich 4 Meter tief ist. Der Canal, der eigens für das Wasserwerk angelegt wurde, hat ein Profil von 36 qm. Bei einem durchschnittlichen Tagesbedarf der Stadt Rostock von 5000 cbm Wasser reicht demnach der Wasservorrath im Zuleitungscanal des Wasserwerkes 4 Tage lang aus. Die Geschwindigkeit des Wassers im Zuleitungscanal beträgt nur 2 mm pro Secunde, d. i. $^1/_{13}$ der Geschwindigkeit der Warnow, die bei einem Profil von 180 qm und 28 cm Minimalgeschwindigkeit 5 cbm pro Secunde

[1]) Bei der nun folgenden Beschreibung des Wasserwerkes folge ich dem Inhalt eines Vortrages, den Herr Hafenbaudirector Kerner in der Versammlung des Allg. Mecklenburg. Aerztevereins zu Rostock am 26 Mai 1893 hielt.

führt. Der gesammte tägliche Wasserbedarf Rostocks ist demnach nur $^1/_{86}$ der minimalen Wassermenge der Warnow.

Vermöge der geringen Geschwindigkeit seines Wassers wirkt der Zuleitungscanal wie ein Klärbecken.

Am Ende des Zuleitungscanals, am Fusse des Friedrich-Franz-Eisenbahndamms liegt der Sammelbrunnen des Wasserwerkes, welcher den Zweck hat die Saugkästen der Heberleitungen aufzunehmen, durch welche das Wasser 60 Meter weit unter dem Bahndamm hindurch in den Schöpfbrunnen des Maschinenhauses geleitet wird. Der Sammelbrunnen ist kreisrund und in zwei durch eine Scheidewand getrennte Abtheilungen zerlegt, deren jede einen Hebersaugkasten aufnimmt. Durch starke Betonschichten und durch Klinkermauerwerk in reinem Cementmörtel ist er gegen das Eindringen von Sickerwasser gesichert.

Jede der Abtheilungen steht durch eine, mit einer eisernen Klappe verschliessbare Oeffnung mit dem Vorcanal in Verbindung und entnimmt hier, 1,2 m unter der Oberfläche des Canals, ihr Wasser. Der Vorcanal ist das verjüngte Ende des Zuleitungscanals, hat eine Länge von 5 Meter und ist mit hölzernen Spundwänden eingefasst. Sein Boden besteht aus eichenen Bohlen und kann zu Reinigungszwecken gehoben werden. In den Vorcanal ist ein eiserner Korb mit Coaksfüllung zur Reinigung des Wassers von gröberen Schwimmstoffen eingesetzt. Hinter den die Brunnenschächte vom Vorcanal abschliessenden Klappen liegt je ein Einsteigschacht, in welchen ein Drahtgitter von 9 Maschen auf den qcm, das durch ein dahinter liegendes gröberes Gitter gestützt wird, eingeschoben ist. Dasselbe

dient zur weiteren Abhaltung gröberer Schwimmstoffe. Ein wasserdichter Verschlussdeckel auf dem Einsteigschacht ermöglicht den einzelnen Brunnen bei Seefluthen vollständig abzuschliessen.

Hinter dem Sammelbrunnen werden die Wasser aus den Wiesen, welche der Zuleitungscanal durchschneidet, mittelst eines Sammelgrabens, der auch die Abwässer des Wasserwerkes, täglich etwa 500 cbm, aufnimmt, zu einem alten Warnowbett geleitet und gelangen von da aus in die Warnow, etwa 300 Meter unterhalb der Abzweigung des Zuleitungscanals.

Vom Sammelbrunnen weg führen die beiden Heber in 400 mm weiten Rohren, die in dem Bahndamm in 700 mm weiten Umhüllungsrohren auf Untergestellen und Rädern liegen, das Wasser zu dem Schöpfbrunnen im Maschinenhaus. Die doppelte Anlage der Heberohre und Brunnenschachte war nothwendig, um bei Störungen in der Heberleitung nicht gänzlich vom Wasserbezug abgeschnitten zu sein und nach Bedarf die betreffenden Anlagen ohne Störung des Betriebs im Wasserwerke reinigen zu können. Die Heber steigen mit *S* förmigen Krümmungen an und senken sich dann langsam zu dem Schöpfbrunnen. An der höchsten Erhebung derselben sind Entlüftungsrohre, durch Einsteigschächte zugänglich, angebracht, durch welche mittelst einer Dampfstrahlpumpe die am höchsten Punkt der Heberleitung sich ansammelnde Luft von Zeit zu Zeit abgesaugt wird, was für gutes Functioniren der Heber unerlässlich ist. Die Sohle des Schöpfbrunnens, der ebenso wie der Sammelbrunnen sehr sorgfältig und dicht gemauert ist, liegt 4 Meter unter dem Spiegel der Warnow; sobald die Heber im Betrieb gesetzt werden, stellt sich in diesem Brunnen der Warnowspiegel ein. Zur Entnahme des auf die Filter zu bringenden Wassers sind zwei Pumpenanlagen vor-

handen. Die eine, eine Kreiselpumpe mit eigener Maschine, welche in der Minute etwa 6 cbm Wasser auf die 8 Meter über dem Warnowspiegel liegenden Filter drückt, besorgt die Füllung und Nachfüllung der Filter so lange, als das Filtrat den Ansprüchen an ein gutes Wasser noch nicht genügt. Ist dies aber der Fall, so übernimmt die zweite Pumpe, welche gleichzeitig das reine Wasser in das Rohrnetz der Stadt schafft, die Beschickung der Filter, so zwar, dass sie $^1/_{10}$ mehr Wasser auf die Filter liefert, als die Reinwasserpumpe dem Reinwasserbassin entnimmt, so dass ein Absaugen der Filter ausgeschlossen ist.

Auf die Filter tritt das Wasser, nachdem es die für jedes Filter eingebaute Absperrvorrichtung passirt hat, dicht oberhalb der Filterschichte durch ein trichterförmiges Rohr. Die Filter, 3 an der Zahl, sind 3,25 Meter tief und je 50 Meter lang und 30 Meter breit, besitzen also jeweils eine Filterfläche von 1500 qm. Ihre Sohle ist aus Beton hergestellt und steigt nach den Seiten um 5 cm an. Jedes Filter wird der Länge nach von einem aus Ziegelsteinen hergestellten Sammelcanal durchzogen, in dem sich das durch die Packung gesickerte Wasser sammelt, und der durch ein Rohr mit der sogenannten Regulirkammer, in welcher die Druckhöhe auf dem Filter regulirt wird, in Verbindung steht. Dieses Rohr hat einen Querschnitt von $^1/_{10}$ qm, während der Sammelcanal einen solchen von $^2/_{10}$ qm besitzt und die sämmtlichen (400) Seitenöffnungen des Sammelcanals, zu beiden Seiten gleichmässig vertheilt, einen Querschnitt von 4 qm repräsentiren. Durch diese Querschnittsverhältnisse wird bezweckt, übermässige Geschwindigkeiten des Wassers in den Packungen und Hineinreissen von Sandtheilchen in dieselben zu vermeiden.

Die Packung besteht zu unterst aus einer 20 cm hohen Schicht geschlagener faustgrosser Felsstücke; über derselben und in ihren obersten Lücken liegt eine 10 cm hohe Lage halb so grosser Felsstücke. Sodann folgt, wieder 10 cm stark, eine Schicht Kies von Haselnuss- bis Wallnussgrösse und eine ebenso starke Schicht erbsengrossen Kieses. Letztere überlagert eine 3 cm hohe Schicht groben Sandes, auf der die 80 cm hohe Filtrirschicht aus feinem Sand lagert.

Ist das Werk einmal eröffnet, so geht der Filterprozess regelmässig so vor sich. Das im Reinwasserbassin zurückbehaltene filtrirte Wasser der letzten Filterperiode wird rückwärts durch die Filterpackung hindurch gelassen, bis es sich 30 cm über der obersten Filterschicht einstellt; hierauf wird das im Filterbassin enthaltene Wasser in die Abwasserleitung entleert, wozu etwa 24 Stunden erforderlich sind. Nach der Reinigung des Filters, die in Abtragung der obersten Sandschicht und Auffüllen frischen (gewaschenen) Sandes besteht, wird das Rohwasser zuerst sehr langsam, später, wenn das Zuflussrohr von Wasser überdeckt ist, rascher auf das Filter gebracht, während gleichzeitig die Luft aus den Poren der Packung durch 8 eiserne Entlüftungsrohre an den Seiten der Filterbassins entweichen kann, und so mit der Filtration begonnen.

Jedoch wird das zuerst filtrirte Wasser solange nicht gesammelt, sondern in den Abwasserkanal geleitet, bis sich auf der obersten Filterschicht jene Schlammhaut gebildet hat, welche im Stande ist, die im Rohwasser enthaltenen Bakterien zurück zu halten, und welche sich im Laufe des Betriebs mehr und mehr verdickt, bis sie die Filterschicht schliesslich völlig undurchlässig und eine Reinigung des Filters nothwendig macht. Die Zeit, innerhalb welcher das Filter bakteriendicht wird, währt mindestens

24 Stunden, so dass also zum Zweck einer Reinigung das Filter besten Falls 48 Stunden ausser Funktion gesetzt ist. Das filtrirte Wasser fliesst in der Regulirkammer durch ein verstellbares Rohr aus; mittelst dieser Anordnung kann die Druckhöhe, unter welcher das filtrirte Wasser ausfliessen soll, regulirt werden, indem man die Ausflussöffnung des Rohres in eine bestimmte Tiefe unter die Oberfläche des Wassers im Filter einstellt.

So lange das Wasser im Filter noch ansteigen kann, muss die Druckhöhe an diesem verstellbaren, sog. Teleskop-Rohre regulirt werden, um eine bestimmte Filtrirgeschwindigkeit nicht zu überschreiten. Hat hingegen der Wasserstand im Filter die höchste Höhe erreicht, so dass das mehr zugepumpte Wasser durch den Ueberlauf in die Abwasserleitung läuft, so steht die Filtrirgeschwindigkeit, d. h. die Höhe der Wasserschicht, welche in einer bestimmten Zeiteinheit die Filterschichten durchläuft, so lange fest, als die Durchlässigkeit des Filters dieselbe bleibt und die Druckhöhe durch Verstellung des Teleskoprohres nicht geändert wird.

In dem Maasse als durch die oben erwähnte Schlammhaut das Filter dichter und weniger durchlässig wird, nimmt die Filtrirgeschwindigkeit ab. Sie kann jedoch eine Zeitlang auf derselben Höhe erhalten werden, wenn man durch Verstellung des Teleskoprohres die Druckhöhe vergrössert.

Aus den Regulirkammern gelangt das Reinwasser durch ein Rohr in das überwölbte Reinwasserbassin, während das von den Filtern überlaufende (wie auch das zuerst filtrirte, noch nicht genügend reine) Wasser in die neben der Regulirkammer befindliche Abfallkammer läuft, und von hier aus direct durch Sielrohre abgeleitet wird.

Das Reinwasserbassin fasst rund 1000 cbm; es steht durch eine Rohrleitung mit dem Schöpfbrunnen der Reinwasserpumpe in Verbindung. Durch Schieber, welche sich am tiefsten Punkt der Rohrleitung befinden, kann dieselbe mit der Sielleitung verbunden und damit Reinwasserbassin und Reinwasserschöpfbrunnen entleert werden.

Das Reinwasserbassin ist ganz aus dicken Stampfbetonwänden mit einem Gewölbe aus Drahtgeflecht und Cementmörtel aufgeführt; seine Wände und die Sohle sind möglichst glatt abgeputzt, um ein Anhaften von Schmutz zu verhindern.

Aus dem Reinwasserschöpfbrunnen hebt die Pumpe das Wasser und drückt es in 1600 Meter langer Leitung nach dem Wasserthurm auf dem Wall in ein Reservoir, welches etwa 35 Meter über dem Warnowspiegel liegt; aus ihm erfolgt die Vertheilung in das Rohrnetz der Stadt, das, 25 Jahre alt, in Anlage und Querschnitts-Verhältnissen den Anforderungen der gegenwärtigen Wasserversorgung nicht mehr völlig entspricht, weshalb auch in einzelnen Stadttheilen, besonders den hochgelegenen, bisweilen ein fühlbarer Wassermangel eintritt.

Ueber die Kosten der Anlage ist dem Verwaltungsbericht des Städtischen Wasserwerkes zu Rostock für das Rechnungsjahr 1894/95 folgendes zu entnehmen: Die Erbauung des neuen Wasserwerkes verursachte einen Aufwand von 655 607 Mark 54 Pf., die Erweiterung des Wasserthurms, des Standrohres des in demselben untergebrachten Reservoirs einen solchen von 81 345 Mark 38 Pf., endlich die Erweiterung des Rohrnetzes 32 727 Mark 33 Pf., so dass also die Neuanlage insgesammt 769 680 Mark 25 Pf. gekostet hat.

I. Die qualitativen Leistungen des Wasserwerkes.

Das Wasserwerk entnimmt sein Wasser mittelst vorerwähnten Zuleitungscanals aus der Warnow. Diese, in ihrem ganzen Lauf dem Grossherzogthum Mecklenburg-Schwerin angehörend, entspringt bei Grebbin, nördlich von Parchim, läuft zuerst in nordwestlicher Richtung zum Barniner See, nach dem Austritt aus demselben in rein westlicher Richtung gegen den Schweriner See und biegt nahe dem Pinnower See in die nördliche Richtung um, die sie dann unter zahlreichen Krümmungen bis zur Mündung in die Ostsee bei Warnemünde, 12 Kilometer unterhalb Rostocks beibehält. Als Hauptzuflüsse nimmt sie die Mildenitz, bei Zarchlin und Klein Mangelin nördlich von Plau entspringend und unterhalb der Stadt Sternberg mündend, und bei Bützow die Nebel auf, welche den Abfluss verschiedener Seen (Malkwitzer, Kraatzer, Cramoner, Liestower und Krakower See) darstellt. An der Warnow liegen theils direct, theils mit den Feldmarken 103 Ortschaften, an den beiden Zuflüssen 27 bezw. 39, so dass also im Flussgebiet der Warnow 169 Ortschaften liegen. Unter

denselben finden wir die Städte Crivitz, Sternberg, Bützow, Schwaan und Rostock (Warnow), Goldberg, (Mildenitz) und Krakow sowie Güstrow (Nebel). Dieselben entwässern sich zum Theil in die Warnow. Von Bedeutung für die Frage der Wasserversorgung Rostocks aus der Warnow war jedoch nur die Entwässerung der letztgenannten Stadt, sowie diejenige der Stadt Schwaan, ersterer desshalb, weil sie die viertgrösste Stadt des Landes ist und durch ein regelrechtes Canalsystem ihre gesammten Abwässer einschliesslich der Fäcalien in die Nebel abführt, letzterer wegen ihrer Nähe bei Rostock und wegen des Herrschens heftiger Typhusepidemien in den letzten, der Eröffnung des neuen Wasserwerkes vorausgegangenen Jahren.

Bei Rostock ist die Ober-Warnow, wie der Fluss vor Eintritt in die Stadt genannt wird, ca. 50 Meter breit bei einer Tiefe von höchstens 5,5 Meter und führt bei einer sehr geringen Geschwindigkeit in Minimo 5 Secundencubikmeter Wasser. Die Geschwindigkeit der Warnow würde etwas grösser sein, wenn dieselbe nicht durch Stauwerke zurückgestaut würde. Durch die Stauung ist das Ufergelände der Warnow sehr wasserreich, sodass die Niederungen zu beiden Seiten des Flusses bei höherem Wasserstand vollständig überschwemmt sind. Die absterbende Vegetation derselben und der ohnehin an zersetzten Pflanzenresten und Humusstoffen reiche moorige Untergrund des Flussthales bedingen, dass das Wasser der Warnow relativ reich an organischen Stoffen ist und dass das Flussbett starke Ablagerungen von organischem Schlamm, der durch den lebhaften Schiffsverkehr auf dem Fluss immer wieder aufgewirbelt wird, aufweist. Das Warnowwasser ist dementsprechend deutlich gelb (in dickeren Schichten braun) gefärbt und enthält stets eine kleine Menge

suspendirter Stoffe in Gestalt weisser, grauer und brauner Flöckchen, bestehend aus Gewebstheilen höherer Pflanzen, Algen- und Pilzverbänden. Grössere Mengen suspendirter Stoffe können in dem Wasser nicht enthalten sein, da die geringe Geschwindigkeit des Flusses dem Wasser nur eine sehr geringe Schwemmkraft verleiht.

Das Wasser des Zuleitungscanals ist noch ärmer an Schwemmstoffen als das Wasser des Flusses selbst, da er, wie schon erwähnt, infolge der noch geringeren Geschwindigkeit seines Wassers wie ein Klärbecken mechanisch reinigend wirkt.

Ueber die chemische Zusammensetzung des Warnowwassers sind zahlreiche Angaben aus den Untersuchungen von F. Schulze, Wolff, Lau und denjenigen des Hygienischen Institutes zu entnehmen. Auch habe ich selbst einige Analysen des Wassers ausgeführt.

Schulze [1]) fand in einer Probe aus dem Jahre 1868

gelöste Mineralstoffe	209,4 mgr. pro Liter
Chlor (Cl)	14,8 „ „ „
Phosphorsäure ($P^2 O^5$)	28,2 „ „ „
Schwefelsäure (SO^3)	31,6 „ „ „
Kieselsäure ($Si O^2$)	19,0 „ „ „
Kalk (Ca O)	78,5 „ „ „
Magnesia (Mg O)	5,9 „ „ „
Kali ($K^2 O$)	10,1 „ „ „
Natron ($Na^2 O$)	21,3 „ „ „
Freie Kohlensäure	59,0 „ „ „
Die Härte betrug	8,7 Grade

[1]) F. Schulze, die Rostocker Brunnenwässer.

Nach Wolff[1]) enthielt das Warnowwasser 1871 im Liter

	Anfang Mai	Ende Juli
Gelöste Mineralstoffe	299,0 mgr	362,5 mgr
Chlor (Cl)	18,8 „	21,3 „
Phosphorsäure (P^2O^5)	1,6 „	Spuren
Schwefelsäure (SO^3)	15,7 „	28,5 mgr
Kieselsäure (SiO^2)	10,8 „	14,5 „
Salpetersäure (N^2O^5)	—	Spur
Kalk (CaO)	77,5 mgr	99,1 mgr
Magnesia (MgO)	11,2 „	12,5 „
Eisenoxyd (F^2O^3)	0,5 „	1,5 „
Thonerde (Al^2O^3)	0,6 „	Spuren
Kali (K^2O)	3,3 „	4,9 mgr
Natron (Na^2O)	14,3 „	15,6 „
Kohlensäure	63,1 „	91,0 „
Der Sauerstoffverbrauch zur Oxydation der organischen Stoffe betrug	11,7 „	18,1 „
Die Härte betrug	12 Grade	11,8 Grade

Lau[2]) untersuchte vom December 1886 bis October 1887 allmonatlich das Warnowwasser in der für Trinkwasseruntersuchungen üblichen Weise (sog. abgekürzte Analyse) und ferner im Februar 1888 in vollständiger Weise.

Die Resultate seiner Analysen gebe ich in der nachstehenden Tabelle wieder. Die Zahlen bedeuten Milligramme pro Liter Wasser. Salpetersäure, Salpetrige Säure, Ammoniak waren niemals nachweisbar.

---

[1]) Wolff, J., Chemische Analyse der wichtigsten Flüsse und Seen Mecklenburgs.

[2]) Lau, die chemische Untersuchung der Rostocker Trinkwässer in Uffelmann, Hygienische Topographie.

Tabelle der Zusammensetzung des Warnowwassers vom Dezember 1886 -- Februar 1898 (n. Lau).

	Dezemb. 1886	Januar 1887	Februar 1887	März 1887	April 1887	Mai 1887	Juni 1887	Juli 1887	Juli 1887	August 1887	Septbr. 1887	October 1897	Mittel aus Dez. 86 bis Octob. 87	Februar 1888
Gelöste feste Stoffe (bei 150° getrocknet)														300,0
Chlor (Cl)	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	39,1	35,8	32,0
Schwefelsäure (SO^3)	13.6	16,6	16.6	9,6	15,6	16,0	16.0	12,0	11.2	10,3	9,6	11,0	13,2	24,1
Kieselsäure ($Si\,O^2$)														11,0
Kalk (Ca O)														99,8
Magnesia (Mg O)														13,5
Thonerde (Al^2O^3) mit Spuren von Fe^2O^3 und P^2O^5														1,0
Kali (K^2O)														5,3
Natron (Na^2O)														29,5
Kohlensäure														81,4
Der Sauerstoffverbr. z. Oxyd. d. org. Stoffe betrug	3,6	4,1	4,1	4,3	4,9	5,0	4,8	4,2	4.8	4,1	3,9	4,8	4,4	5,0
Die Härte[1]) betrug in Graden	9,5	10,13	9,5	9,5	8,88	8.88	8,88	7,63	7.63	7,63	8,0	9,31	8,79	10,76
Die bleibende Härte[1]) betrug in Graden	4,05	3.25	3,87	3,87	5,13	4,5	5,13	2,3	2.3	2,05	2,3	2,55	3,44	4,05

[1]) Nach Clark bestimmt.

Das Wasser der Warnow enthielt hiernach im Mittel 35,8 mgr Chlor, 13,2 mgr SO^3, verbrauchte durchschnittlich 4.4 mgr Sauerstoff zur Oxydation der organischen Stoffe und besass eine mittlere Härte von 8,79 Graden (wovon 3,44 Grade die bleibende Härte repräsentiren). Der Gehalt an Chlor schwankte fast garnicht, der der Schwefelsäure, die Härte und der Sauerstoffverbrauch nur unbedeutend. Eine Regelmässigkeit in den Schwankungen besteht nur insoweit, als in den Sommermonaten der Gehalt an organischen Stoffen und die Härte etwas geringer waren.

Im Hygienischen Institut wurden auf Veranlassung der Direction des Wasserwerks in den Jahren 1893 und 1894 monatlich 2—3 Proben Warnowwasser in abgekürzter Weise untersucht. Bei diesen Untersuchungen wurden ebenfalls geringe Schwankungen im Gehalt des Warnowwassers an Chlor, organischen Stoffen und gelösten festen Bestandtheilen constatirt, wie sie naturgemäss unter dem Einfluss der Witterungsschwankungen vorkommen müssen. Grössere Niederschläge, Schneeschmelzen führten der Warnow Wasser zu, welches ärmer an festen Stoffen und bisweilen reich an organischen Stoffen war. Für die mittlere Zusammensetzung des Warnowwassers in den 2 Jahren dienen als Grundlagen folgende (mittlere) Werthe aus den Monatsanalysen.

Tabelle der Zusammensetzung des Warnowwassers in den Jahren 1893 und 1894

(n. Analysen d. Hyg. Instituts).

1893	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept.	Oct.	Nov.	Dez.	Mittel
Gelöste feste Stoffe			354	285	267	247	247	275	282	317	300	345	292
Chlor			28	34	33	34	35	42	40	38	34	30	35
Sauerstoffverbrauch z Oxyd. d. org. Stoffe			6,0	5,8	5,1	4,7	4,9	4,7	4,1	3,3	5,9	5,5	5,2

1894	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dez.	Mittel
Gelöste feste Stoffe	323	332	345	317	220	230	315	312	315	325	—	300	303
Chlor	32	32	30	30	33	32	36	36	36	36	36	34	34
Sauerstoffverbrauch z. Oxyd. d. org. Stoffe	5,0	5,7	7,1	6,0	5,2	7,8	9,0	7,9	5,7	6,2	6,8	6,0	6,5

Bei meinen eigenen Untersuchungen. die im Laufe des April und Mai 1893 ausgeführt wurden, deren Ergebnisse im folgenden noch mitgetheilt werden sollen, habe ich so ziemlich die gleichen Resultate erhalten.

Das Warnowwasser zeichnet sich nach obigen Angaben durch einen verhältnissmässig hohen Gehalt an Chlor (ca. 35 mgr pro Liter) und organischen Stoffen (ca. 6 mgr Sauerstoffverbrauch pro Liter entsprechend) aus, ist aber frei von den Abkömmlingen der zersetzten stickstoffhaltigen Stoffe. Es ist von vornherein anzunehmen, dass der Filtrationsprozess die chemische Zusammensetzung des Wassers nicht ändern wird. Eine Abnahme der gelösten festen Stoffe durch Verdunstung von Kohlensäure und Ausfällung von Calcium- und Magnesiumcarbonat ist auszuschliessen, da bei der Schnelligkeit der Filtration die erforderliche Zeit fehlt. Ebenso eine Zunahme durch Lösung von Bestandtheilen des Filtersandes, welcher zwar Calcium- und Magnesiumcarbonat enthält, vorwiegend aber aus Kieselsäure (Quarz) besteht. Man kann in der That eine chemische Veränderung des Wassers infolge der Filtration kaum nachweisen, wie aus Tabelle Seite 21, welche die von mir erzielten Werthe der Analysen wiedergiebt, zu ersehen ist. Denn die kleinen Differenzen der Werthe für das filtrirte und unfiltrirte Wasser beruhen sicher nur auf den unvermeidlichen kleinen Analysendifferenzen.

Höchstens könnte der Gehalt an organischen Stoffen und damit auch der Trockenrückstand durch das Filtriren etwas vermindert werden, da ja die Filter einen Theil der suspendirten organischen Stoffe und der Lebewesen des Flusswassers zurückhalten. Wie gering dieser Theil ist, wird aus den betreffenden Zahlen in den beiden ersten und dritten Spalten meiner Tabelle ersichtlich.

Tabelle der Zusammensetzung des unfiltrirten und filtrirten Wassers
(nach eignen Analysen.).

Datum	Gelöste feste Stoffe		Chlor		Organische Stoffe, berechnet aus dem Sauerstoffverbrauch		Zur Härtebestimmung verbrauchte Seifenlösungen	
	mgr		mgr		mgr		ccm	
	unfiltrirt	filtrirt	unfiltrirt	filtrirt	unfiltrirt	filtrirt	unfiltrirt	filtrirt
1893 April 21	330	285	36	36	63	57	27,5	27
26	280	265	36	34	63	59	27,3	27
29	280	275	38	36	67	60	31,5	30
Mai 1	310	335	40	44	64	60	38	36
4	302	298	39	41	80	72	36	33
8	328	260	40	38	84	72	36	35
13	295	285	41	39	78	75	35	33
16	285	280	40	40	69	66	35	35
17	290	270	42	42	77	65	36	35
18	285	265	40	42	75	65	34	33
19	303	295	42	40	75	60	33	32
20	298	285	41	39	78	62	33	32
23	302	280	40	39	75	66	38	35
28	320	275	42	44	77	63	36	32

Dass die chemische Beschaffenheit des Wassers durch die Filtration nicht geändert wird, geht auch aus den Analysen des Leitungswassers von Lau (alte Filteranlage) und des Hygienischen Institutes (alte und neue Filteranlage) hervor. Lau fand 1886/87 im Mittel:

	Chlor	Schwefelsäure	Sauerstoffverbrauch	Härte
für Warnow-Wasser	35,8	13,2	4,4	8,79
für Leitungs-Wasser	35,8	13,5	3,3	8,77

Seitens des Hygienischen Institutes wurden 1893/94 gefunden:

	gelöste feste Stoffe		Chlor		Sauerstoffverbrauch	
	1893	1894	1893	1894	1893	1894
für Warnow-Wasser	292	303	35	34	5,2	6,5
für Leitungs-Wasser	279	303	37	33	4,6	5,4

Nur der Gehalt an organischen Stoffen erfährt durch die Filtration eine geringe Abnahme (nach Lau 25 %, nach den Ermittelungen des Hygienischen Institutes 11,6 und 16,9 %).

Der Werth der Filtration eines Wassers zu Zwecken der Wasserversorgung beruht in der Beseitigung der mechanisch dem Wasser beigemengten Stoffe mineralischer und organischer Art und in der Verminderung des Gehaltes an Lebewesen, besonders an Mikroorganismen. Nach dieser Hinsicht leistet die Filteranlage des Rostocker Wasserwerkes ganz Hervorragendes. Das durch die Filter gegangene trübe Wasser der Warnow ist vollständig klar und selbst in sehr dicker Schicht durchsichtig, der Gehalt

desselben an Mikroorganismen übersteigt selten die Zahl 100 pro Cubiccentimeter, ja bleibt zu manchen Zeiten ganz erheblich unter dieser Zahl, obwohl das Warnow-Wasser häufig sehr reich an Mikroorganismen ist. Ja zuweilen, allerdings zu ganz bestimmten Zeiten, ist der Gehalt des filtrirten Wassers an Mikroorganismen so gering, dass in der mit 1 ccm Wasser beschickten Gelatine nicht eine Colonie zur Entwicklung kommt. Unmittelbar nach Fertigstellung des ersten Filters habe ich die Verminderung in der Zahl der Mikroorganismen, welche das Warnowwasser beim Durchgang durch das Filter erfuhr, ermittelt. Das Resultat meiner Ermittelungen ist in der folgenden Tabelle wiedergegeben.

Tabelle des Keimgehaltes des Warnowwassers und des filtrirten Wassers (nach eignen Untersuchungen).

Datum	Warnow-wasser Keime im ccm	Filtrirtes Wasser Keime im ccm	Tag nach der Filter-reinigung	Bemerkungen
1893 April 21	171	45	3	
26	243	36	8	
29	252	27	9	
Mai 1	702	1143	0	Erstes Filtrat.
4	1287	171	1	Regen.
8	2142	72	5	
13	216	189	10	
16	510	1300	1	Erstes Filtrat.
17	1040	480	2	
18	820	210	3	
19	558	54	4	
20	486	45	5	
23	576	36	8	
28	972	27	3	

Dasselbe ist noch nicht so günstig gewesen, als nach den Erfahrungen anderen Orts erwartet werden durfte[1]). Unmittelbar nach einer Reinigung ist das filtrirte Wasser noch sehr reich am Mikroorganismen, ja sogar reicher als das Rohwasser gewesen. Es entspricht das einer bekannten Thatsache, die ihre Erklärung darin findet, dass mit Zunahme der Filtrationsdauer das Filter dichter wird. Die in dem Wasser befindlichen Schwebetheilchen lagern sich in den Poren des Filtersandes ab und verengen dadurch den Querschnitt und die Permeabilität der Poren. Wie zahlreiche Versuche dargethan haben, erfolgt die Ablagerung schon in den obersten Schichten des Filters. Mit zunehmender Verengung der Poren lagern sich die Schwebetheilchen sodann auf der Oberfläche des Sandes ab und bilden eine dichte Schlammdecke, durch welche die Filtration zwar verlangsamt, in ihrem Effect aber verbessert wird. Je gleichmässiger und regelrechter diese Schlammdecke sich bildet, desto reiner ist das Filtrat, während, wenn die Bildung derselben sich unregelmässig vollzieht oder gestört wird, ein oft sehr mangelhaftes Filtrat erzielt wird. Allmählich freilich wird die Decke so dick und fest, dass die Filtration zu langsam verläuft und das Filter gereinigt d. h. die Schlammdecke mit den obersten Lagen Sand entfernt werden muss. Bis dann die Schlammdecke neu gebildet ist, was manchmal mehrere Tage dauert, ist das Filtrat minderwerthig und wird zweckmässig nicht verwendet.

[1]) Wenn ich von den Fällen, in welchen das erste Filtrat zur Untersuchung kam (1. u. 16. Mai) absehe, betrug die Verminderung im Mittel nur 84,2 % (732,5 Mikroorganismen im Warnowwasser zu 116 im Filtrat). Das alte Wasserwerk hatte eine Verminderung von 80 % (n. Uffelmann, Hygienische Topographie von Rostock, 1889, Seite 98) erzielt.

Nach den fortlaufenden Untersuchungen, welche seit der Eröffnung des neuen Wasserwerks täglich vorgenommen werden, deren Ergebnisse mir gütigst zur Verfügung gestellt wurden, — ich selbst war bald nach Beginn meiner Untersuchungen genöthigt gewesen Rostock zu verlassen — hat sich das Resultat später wesentlich gebessert, wohl desshalb weil inzwischen Erfahrungen über Benutzung, Beschickung und Reinigung der Filter gesammelt waren und mit deren Hilfe der Betrieb sicherer und gleichmässiger wurde.

Aus den seit 1. April 1894 täglich erfolgenden Bestimmungen der Keimzahl des Warnowwassers, der Filterwässer und des Leitungswasser (an einer dem Endrohr der Leitung entnommenen Probe) wurden die Monatsmittel berechnet, und zwar bis zum Ende des Jahres 1897 und folgende Werthe erhalten. Der diese wiedergebenden Tabelle sind weiter beigefügt die tabellarischen Uebersichten über die Monatsmittel der Filtergeschwindigkeiten und des Filterdruckes für die einzelnen Filter (Spalte 6 8 und 9–11). Die Zahlen bedeuten für Spalte 1–5 Keime im Cubiccentimeter Wasser, für Spalte 6 11 Millimeter.

Monatsmittel der Keimzahlbestimmungen im Warnowwasser, in den Filterwässern und dem Leitungswasser, sowie der Filtergeschwindigkeiten und des Filterdruckes für die Zeit vom April 1894 bis Dezember 1897.

Monat		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Mittlere Keimzahlen für das Wasser					Mittlere Geschwindigk.			Mittlerer Druck		
		d. Warnow	d. Filters I	d. Filters II	d. Filters III	d. Leitung	b. Filter I	b. Filter II	b. Filter III	b. Filter I	b. Filter II	b Filter III
1894	April	1730,7		37,0	64.8	69,8		91 0	91,0			
	Mai	525,9		27,8	35.4	39,1		91,0	91.0			
	Juni	1128.7		23,7	21,7	24.5		92,3	92,3			
	Juli	397.0	10,2	7,3	14,5	24,2	89,6	95,1	93,3			
	August	759,0	31,1	20,5	20,5	61.3	81,7	63,2	80,8			
	September	721.5	8,2	11,6	18.9	19,5	74.8	58,2	61,6			
	October	524 2	11,5	9,5	20,8	32,5	78.2	66,3	72,8	201,3	157,3	713.0
	November	2262,5	22,1	7.4	18.6	48,3	68,3	53.0	70,1	134,2	353.2	114.5
	December	5473.4	19.1	11,5	15,7	37.5	68,5	61,5	66,7	251,0	353,2	234,7
1895	Januar	1040.9	10,0	8.2	9,1	27,6	60.1	54,7	59,3	169,9	207,9	153,1
	Februar	295,2	5,4	5,4	5,3	13,6	61,1	42,8	60,6	336,7	502.0	286,3
	März	1522,7	14,0	9,7	9,0	22,3	59,2	61,0	54.0	430,8	442.7	599.6
	April	2285.9	12,0	8.0	11,7	20.6	68,4	40,0	70,8			

Monat		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Mittlere Keimzahlen für das Wasser					Mittlere Geschwindigk.			Mittlerer Druck		
		d. Warnow	d. Filters I	d. Filters II	d. Filters III	d. Leitung	b. Filter I	b. Filter II	b. Filter III	b. Filter I	b. Filter II	b. Filter III
1895	Mai	2392.1	5,4	12,3	7,3	18,5	60,7	58,9	52,5			
	Juni	3543,3	69,8	39.2	85,5	50,5	46,8	71,5	30,1			
	Juli	5317,5	72,7	37,8	63,4	25.0	44,0	63,7	38,2			
	August	2115,2	82,0	17,3	53,4	25,7	50,7	51,4	48,4	327,5	551.9	291,3
	September	1545,9	40.3	16,8	34,9	31,1	64,2	14,3	71,0	309,0	930,7	150.7
	October	1261,0	26,1	8.6	36.2	15,7	53.5	43,5	53,2	119,0	146,8	131.6
	November	4949.3	12,9	2,0	10,9	7,3	50,3	39,8	50,3	149,0	295.7	156,0
	December	61909,4	14,1	8,8	7.0	10,5	47.7	39.4	57,7	192,6	254,0	535.5
1896	Januar	8388.8	8,5	5.0	7,5	8,1	58,0	34.6	52,6	193,9	396.5	228,6
	Februar	3337,1	17,5	5,2	9,1	8,6	56,7	31,3	56,0	539,6	482,0	351,0
	März	5691,9	13,2	7,6	8,6	11,6	62,4	50.9	51,0	289,3	909,0	400,8
	April	464,8	171,0	52.0	62,4	114.2	57,8	33,5	52 5	408,0	727,0	351,4
	Mai	340,0	77,0	72,3	52,2	98,5	71.2	50,5	64,6	364,1	849.3	764,5
	Juni	562.5	89,7	41,0	10,2	43.7	71,5	40,5	88,5	340,7	549,7	180.7
	Juli	338,7	33,5	9.2	33,9	26,7	68,6	50,5	68,7	163,9	467,4	160.0
	August	428,7	36,6	7,8	38,2	34,1	63,5	42,5	63,8	200,6	433,2	148,4

Monat		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Mittlere Keimzahlen für das Wasser					Mittlere Geschwindigk.			Mittlerer Druck		
		d. Warnow	d. Filters I	d. Filters II	d. Filters III	d. Leitung	b. Filter I	b. Filter II	b. Filter III	b. Filter I	b. Filter II	b. Filter III
1896	September	171,6	66,7	8.3	51.3	24,4	66.8	62,9	50,3	275,2	562.1	336.4
	October	418,5	41.8	15,2	5,7	24.7	66.0	50,3	43.8	349.4	571.4	103.5
	November	3407,4	30,1	64,7	7.1	11.2	46.0	52,0	70,9	140,8	587.1	267.7
	December	5217,3	65,2	50,7	95,0	160,3	60.2	35,7	68,4	552.8	803.8	290 0
1897	Januar	3462,3	33,9	14.1	7.4	10.8	63,7	24,1	63.4	342,9	1078,1	449.4
	Februar	6823,3	699,4	32,4	18,0	409.4	80 0	19,2	66.8	624,4	1001,5	709.8
	März	741,9	37,0	45,7	16,3	38,2	59,1	35,9	51.6	799,7	451.0	338.0
	April	878.3	25,7	17,4	18,7	18,7	63,6	49,7	44,9	654,3	398.6	420.7
	Mai	687,8	24,1	27,5	24,0	35,1	71,8	52.6	66,3	543.8	387.2	210.3
	Juni	581,4	37,8	24,0	18,5	59.5	78,6	61.1	61.2	467.7	101.0	94,3
	Juli	2642.2	45,6	59,0	51,7	51.7	74.0	57,0	57,1			
	August	805,2	42.3	23,9	46.3	59.2	75,4	59.8	59.2			
	September	720,6	46,1	38.9	16.0	24,1	56,1	62.5	65,7			
	October	370.6	64.0	15.8	19,2	23,3	59.3	61,9	63.8			
	November	9246.7	15 9	9.0	5.2		48.9	49.7	71,3			
	December	9232,4	38.5	31.6	6,2		59,7	58,4	50.2			

Wie man aus den Zahlen für den Keimgehalt ersieht, wechselt derselbe im Laufe des Jahres ganz ausserordentlich im Warnowwasser, weniger der der Filtrate und des Leitungswassers. Der Keimgehalt des letzteren ist in letzter Linie bedingt durch den der Filtrate; doch ist er niemals das Mittel aus dem Keimgehalt der Filtrate, da ja nicht jedes der 3 Filter stets die gleiche Menge Wasser liefert und ausserdem zur Zeit der Untersuchung die Leitung ein älteres Wasser beherbergt; so erklärt sich auch, dass manchmal der Keimgehalt des Leitungswassers niedriger ist als der der Filtrate. Dass er durchschnittlich aber höher ist, ist nicht wunderbar, da ja in dem in der Leitung fliessenden Wasser eine Vermehrung der Keime eintritt.

Das Maximum des Keimgehaltes des Warnowwassers fällt meist in die Winter- und Frühlingsmonate (1894 und 1895 November und December, 1896 Januar, Februar, März, November, December, 1897 Januar, Februar, November, December) und zwar wohl darum, weil zu dieser Zeit die Erdoberfläche vegetationslos ist und durch die Niederschläge mehr des lebewesenreichen Bodens in den Fluss gespült wird. Auffallend ist, dass das Minimum des Keimgehaltes der Warnow gerade in den Monaten beobachtet wird, in welchen die der Vermehrung der Keime günstige höhere Wasserwärme vorhanden ist. Vielleicht ist diese Erscheinung eine Folge der grösseren Lichtfülle dieser Jahreszeiten, vielleicht auch Folge einer intensiveren Selbstreinigung des Flusses durch die Flussvegetation, die im Sommer in der Warnow sehr üppig auftritt. Uebrigens ist auch manchmal im Sommer die Keimzahl für das Warnowwasser hoch (Juni—Juli 1895, Juli 1897), ohne dass ein besonderer Grund erfindlich ist. Im Grossen und Ganzen hält sich aber der mittlere

Keimgehalt des Warnowwassers in bescheidenen Grenzen (rund 400 – 10000 Keime pro Cubiccentimeter).

Was nun die durch die Filtration erzielte Verminderung des Keimgehaltes des Warnowwassers anlangt, so ist zunächst hervorzuheben, dass dieselbe durchaus nicht in einer constanten Grösse erfolgt. Zwar wächst häufig mit der Zunahme des Keimgehaltes des Warnowwassers auch der Keimgehalt der Filtrate, aber selbst bei sehr hohem Keimgehalt des ersteren (December 1895) kann derjenige der Filtrate ein Minimum bleiben. Auch das umgekehrte Verhalten ist zu constatiren.

Es rührt das davon her, dass der Filtrationsvorgang nicht von der Beschaffenheit der Filter allein, sondern auch von dem Druck, unter dem filtrirt wird, abhängig ist. Je grösser dieser ist, desto grösser ist die Filtrirgeschwindigkeit, vorausgesetzt, dass das Filter sich nicht verändert hat, desto leichter können mit dem durch die Filterporen dringenden Wasser Keime mitgeführt werden. Ferner verändert sich der Keimgehalt des Filtrates zu Ungunsten gegen Ende einer Filterperiode, weil nunmehr die Keime durch die filtrirende Sandschicht hindurchgewaschen sind und endlich gehen zweifellos einzelne Arten von Mikroorganismen viel leichter durch das Filter als andere. Wechselt bei gleicher Zahl das numerische Verhältniss der Arten von Mikroorganismen im Warnowwasser, so muss im Filtrat der Keimgehalt sehr verschieden gefunden werden.

Endlich ist noch zu erwähnen, dass die Leistungen der drei Filter keineswegs gleich sind, nicht einmal, wenn man der Verschiedenheit in der Dauer der Benützung der Filter Rechnung trägt.

Nach dem Jahresdurchschnitt ist Filter II stets das beste, d. h. dasjenige, dessen Filtrat die geringste

Keimzahl besitzt. Demnächst reiht sich Filter III an, während Filter I durchschnittlich die höchsten Keimzahlen liefert. Auf der folgenden Uebersicht sind die Durchschnittswerthe bestimmt.

Mittlerer Keimgehalt im Jahr im Wasser.

	d. Warnow	d. Filter I[1])	d. Filter II	d. Filter III	d. Leitung
1894 (April—Dec.)	1502,5	17,0	17,4	25,7	39,6
1895	7348,2	30,4	14,5	27,8	24,0
1896	2397,3	54,2	28,3	31,8	47,2
1897	3016,1	92,5	28,3	20,6	60,8

Die bessere Wirkung des Filters II, das im Mittel von den im Warnowwasser enthaltenen Keimen

1894 98,84
1895 99,80
1896 98,82
1897 99,10

Procente zurückhielt, während Filter III nur etwas weniger nämlich

1894 98,30
1895 99,62
1896 98,67
1897 99,3

aber Filter I nur

1895 99,59
1896 97,74
1897 96,93

Procente der Keime beseitigte, beruht darauf, dass für die eigentliche Filterschicht eine feinere Sorte Sand zur Verwendung kam. Diese bessere Leistung des Filters II in qualitativer Hinsicht bedingt aber eine quantitative Minderleistung. Das Wasser filtrirt

[1]) Erst seit Juli 1894 in Betrieb.

durch Filter II mit geringerer Geschwindigkeit und die im Filter gegebenen Widerstände machen einen höheren Filterdruck nothwendig.

Das erhellt aus folgenden Zahlen:

Mittlere Filtrirgeschwindigkeit in mm bei

	Filter I	Filter II	Filter III
1894	76,8	75,2	79,9
1895	55,6	48,4	54,7
1896	62,4	44,6	60,9
1897	65,8	49,3	60,1

Mittlerer Filtrirdruck in mm bei

	Filter I	Filter II	Filter III
1895	254,3	419,0	288,0
1896	318,2	611,5	298,6
1897 (1. Hälfte)	572,1	569,6	370,4

Da die Filter I und III aber qualitativ auch durchaus Befriedigendes leisten, ihre Leistungen sicher den Anforderungen genügen, ist es nicht nothwendig, dass allgemein so feiner Filtersand wie bei Filter II für die Wasserfilter zur Verwendung kommt. Das etwas günstigere Ergebniss bei Filter II wird reichlich übercompensirt durch die geringere quantitative Leistung derselben, die nach dem Durchschnitt der Jahre 1895, 96 u. 97 bei Filter II nur 71,1 cbm stündlichen Filterwassers beträgt, während sie sich bei Filter I und III auf 91,8 und 87,9 cbm beläuft, und ferner durch die geringe Benutzungsdauer des Filters II, die sich zu Zeiten stärkeren

Wasserbedarfs störend bemerkbar macht. Letztere betrug nach den mir zur Verfügung stehenden Notizen durchschnittlich 43,05 Tage, wogegen sie bei Filter I und III 51,23 und 62,8 Tage betragen hat.

Wie vortrefflich die gesammte qualitative Leistung des Wasserwerkes ist, geht daraus hervor, dass das Wasser, das in die Leitung gepumpt wird, am Ende der Leitung ebenfalls nur eine geringe Keimzahl besitzt. Ich verweise bezüglich dieser, in welcher der Totaleffect der Anlage zum Ausdruck kommt, auf die Tabelle Seite 26—28 und 31 und führe hier nur noch die Verhältnisszahlen an. Es betrug die Keimzahl des dem Wasserleitungsende entnommenen Wassers

1894	nur 2,63
1895	0,33
1896	2,00
1897	2,01

Procente der Keimzahl des Warnowwassers, gewiss ein erfreuliches Ergebniss, das um so anerkennenswerther ist, als es nicht etwa blos durch einen Ausgleich hoher und niedriger Zahlen zu Stande kommt, sondern ziemlich gleichmässig fast jeden Tag vorhanden ist. Es beweist, dass die Anlage allen Ansprüchen gewachsen ist, die in qualitativer Hinsicht im Interesse der öffentlichen Gesundheitspflege an sie gestellt werden.

Bisher hat sie auch in quantitativer Hinsicht genügt. Bei dem raschen Ansteigen des Wasserverbrauchs in Rostock wird sie aber den Anforderungen an die Wassermenge kaum mehr lange gerecht werden können und jedenfalls vergrössert werden müssen. Ueber die bisherigen quantitativen Leistungen vermag ich folgendes mitzutheilen.

II. Die quantitativen Leistungen des Wasserwerkes.

Nach dem ursprünglichen Projekt für das Wasserwerk sollte die quantitative Leistung desselben derart sein, dass täglich pro Kopf der Bevölkerung 120 Liter Wasser zur Verfügung stehen würden. Diese Menge kann für die Verhältnisse in Rostock, dem eine grössere Industrie fehlt, als durchaus genügend bezeichnet werden, während bekanntlich für industriereiche Städte mindestens 150 Liter Wasser pro Tag und Kopf als Bedarf gerechnet werden müssen. Bei einer Bevölkerung von 44 409 Einwohnern, welche Rostock am 1. December 1890 zählte, — das Wasserwerk wurde erst 1894 eröffnet — war darnach eine tägliche Leistung des Wasserwerkes von 5328 cbm zu erwarten. Nach der Volkszählung von 1895 war die Bevölkerung Rostocks auf 49 912 Einwohner angewachsen. Ein Jahr nach der Eröffnung musste das Wasserwerk täglich bereits ein Mehr von 660 cbm (nämlich 5988) Wasser fördern und gegenwärtig, wo die Bevölkerungsziffer sicher 52 000 beträgt, sind 6240 cbm pro Tag erforderlich.

Diese letztere Wassermenge kann das Wasserwerk bei einer Filterfläche von 4500 qm leicht beschaffen, ohne dass es nothwendig ist, die stündliche Filtrirgeschwindigkeit von 100 mm, die mit Rücksicht auf

die Qualität des Wassers nicht wohl zu überschreiten ist, zu übersteigen, denn bei 100 mm Filtrirgeschwindigkeit wird dieses Quantum bereits in 14 Betriebsstunden erreicht.

Bei geringerer Filtrirgeschwindigkeit vergrössert sich natürlich die Betriebsdauer des Wasserwerkes erheblich und da nach den Zusammenstellungen auf Seite 32 die mittlere Filtrirgeschwindigkeit

1895	52,9 mm
1896	56,0 mm
1897	58,4 mm

betrug, so waren im Mittel

1895	25	Betriebsstunden
1896	24	„
und 1897 auch	24	„

erforderlich.

Selbstverständlich wurden die Betriebsstunden nicht eingehalten, da ja nicht täglich die gleiche Wassermenge verbraucht wurde, und somit zu Zeiten geringeren Wasserverbrauchs Wasser aufgespeichert werden konnte. Bei sehr hohem Tagesverbrauch an Wasser kam aber die thatsächliche Betriebsdauer den obigen theoretischen Zahlen recht nahe und war es überhaupt nur durch gleichzeitige Steigerung der Filtrirgeschwindigkeit möglich, den Wasserbedarf zu befriedigen.

Wie man sieht, hat die Filtrirgeschwindigkeit 1896 und 1897 gegenüber 1895 zugenommen. Es stimmt diese Zunahme überein mit der Zunahme des Wasserbedarfs, der heute viel grösser ist, als im Voraus angenommen wurde, und die Nothwendigkeit einer Vergrösserung der Anlage in nächste Nähe rückt. Es bestätigt sich damit aber nur der alte Erfahrungssatz, dass die Bevölkerung einer Stadt um so mehr Wasser consumirt, je reichlicher ihr

dasselbe geboten ist. Vom hygienischen Standpunkt ist diese Erscheinung nicht unerfreulich, vom financiellen und technischen Standpunkt aus aber wird sie doch mit Bedenken angesehen, da sich herausgestellt hat, dass der steigende Consum von Wasser vielfach auf einer ganz unverantwortlichen Wasservergeudung beruht, die das Unternehmen schädigt, ohne irgend welchen thatsächlichen Nutzen zu bringen.

Es hat den Anschein, als ob in Rostock eine Wasservergeudung geübt wird, da der Consum von Wasser seit Eröffnung des Wasserwerkes rapide gestiegen ist, und ausserdem der Modus der Vertheilung die Consumenten zu sehr begünstigt. Die Vertheilung erfolgt nämlich nur in sehr geringem Umfang unter Verwendung von Wassermessern, hauptsächlich nach dem Querschnitt der Leitungen im Anwesen des Consumenten; dieser bezahlt das Wasser nach dem Werth seines Anwesens, so dass er nicht das geringste Interesse hat, im Verbrauch Mass zu halten.

Ich will im folgenden versuchen, ein Bild von den Consumverhältnissen der Jahre 1895 - 97 zu geben.

Der Gesammtverbrauch an Wasser betrug 1894, in welchem Jahre das Wasserwerk eröffnet wurde, aber erst von Mitte Juli ab ausschliesslich Rostock mit Wasser versorgte, während bis dahin das alte Wasserwerk noch einen Theil des Wassers lieferte, 1 942 000 cbm, oder im Mittel täglich 5320 cbm, also bei einer Bevölkerung von 48 800 Einwohnern pro Kopf und Tag 109 Liter. In den Jahren 1895, 1896 und in der ersten Hälfte 1897 betrug der Wasserverbrauch in Cubicmetern bezw. Litern bei einer Bevölkerung von 49 900 bezw. 51 000 und 52000

	insgesammt	täglich	pro Kopf u. Tag
1895	1 805 664	4 947	99
1896	2 102 948	5 746	113
1897 (Jan.—Juni)	1 033 962	5 713	110

Darnach hat sich allerdings der Verbrauch 1895 etwas erniedrigt, ist aber 1896 um 4 Liter pro Kopf und Tag höher gewesen als 1894 und wird 1897 auf dieser Höhe bleiben. Die geringere Verbrauchszahl des ersten Halbjahres 1897 kommt nur dadurch zu Stande, dass die Verbrauchsgrösse der ersten 6 Monate stets kleiner ist als die der zweiten 6.

An sich wurde bei diesem mittleren Consum die übrigens reichlich bemessene Grenze von 120 Litern noch nicht erreicht.

Betrachtet man hingegen den monatlichen und täglichen Wasserverbrauch der Stadt, so ergeben sich andere Verhältnisse.

Monatlicher Wasserverbrauch in Rostock in den Jahren 1894—97 (Jan.—Juni).

	1894		1895		1896		1897	
	absolut	pro Tag u. Kopf	absolut	pro Tag u. Kopf	absolut	pro Tag u. Kopf	absolut	pro Tag u. Kopf
Januar	140 194	93	140 428	91	158 333	100	168 972	105
Februar	127 888	94	119 977	86	147 217	100	140 998	97
März	148 618	98	130 789	85	162 157	103	153 102	95
April	156 921	107	144 295	97	148 032	97	155 740	100
Mai	190 926	126	165 374	107	189 194	120	198 290	123
Juni	185 842	127	153 283	102	207 296	135	216 860	139
Juli	198 441	131	162 846	105	209 091	132		
August	178 313	118	164 612	106	188 520	120		
September	162 526	111	156 017	104	178 995	117		
October	159 542	105	162 591	105	174 749	111		
November	147 550	101	151 161	101	170 108	111		
December	145 239	96	154 291	100	169 256	107		
Jahr	1942000	109	1805664	99	2107948	113		

In der warmen Jahreszeit übersteigt der Verbrauch pro Kopf und Tag nach dem Monatsmittel sehr bedeutend die Zahl von 120 Litern. Im Monat Juni ist er 1896 und 1897 auf 135 und 139 Liter gestiegen.

Noch auffallender ergiebt sich die grössere Inanspruchnahme des Wasserwerkes, wenn man den höchsten Tagesverbrauch in den 4 Jahren ermittelt.

Höchster Tagesverbrauch an Wasser in Rostock in der Zeit von 1894–1897 (Jan.—Juni)

	1894		1895		1896		1897	
	absolut	pro Tag u. Kopf	absolut	pro Tag u. Kopf	absolut	pro Tag u. Kopf	absolut	pro Tag u. Kopf
Januar	5174	106	5198	104	5745	113	6217	120
Februar	5075	104	4905	98	5849	115	6433	124
März	5975	122	4958	98	6795	133	5719	110
April	6441	134	5809	106	5814	114	7343	141
Mai	6867	141	6095	122	7415	145	8639	166
Juni	7244	148	6344	127	8333	165	8810	170
Juli	8115	166	6272	126	7762	152		
August	6929	142	6184	124	7341	144		
September	6310	129	6079	122	6628	130		
October	5732	117	6423	130	6224	122		
November	5690	117	5906	118	6624	130		
December	5698	117	5995	120	6495	127		

Hienach werden, namentlich in den letzten beiden Jahren, an einzelnen Tagen weit über 120 Liter Wasser pro Kopf beansprucht. Die Steigerung im Wasserverbrauch geht daraus deutlich hervor; vermuthlich ist es nur dem Umstand, dass die letzten Jahre weniger trocken waren als das Jahr 1894 zuzuschreiben, dass der Wasserverbrauch gegenüber 1894 nicht ganz erheblich mehr gestiegen ist.

Nach den obigen Berechnungen kann bei 100 mm stündlicher Filtrirgeschwindigkeit mit der vorhandenen Filterfläche in 14 Stunden Betrieb die Menge von 120 Litern pro Kopf und Tag für die 52000 Einwohner zählende Stadt Rostock beschafft werden. Bei 24stündigem Betrieb können bei gleicher Filtrirgeschwindigkeit 10800 cbm, d. i. pro Kopf und Tag bei 52000 Einwohnern 208 Liter geliefert werden. Im Juni 1897 sind in Maximo 170 Liter beansprucht worden. Wächst der Wasserverbrauch so fort, so ist, da die Bevölkerung Rostocks jährlich um rund 1000 Einwohner zunimmt, die Grenze der Leistungsfähigkeit des Wasserwerkes bald erreicht. Wächst er nicht weiter, und seitens der Stadtverwaltung werden bereits Massregeln gegen Wasservergeudung ins Auge gefasst, so wird bei 170 Litern maximalem täglichen Kopfverbrauch, wie er jetzt schon erreicht ist, die Leistungsfähigkeit des Werkes zeitweise erschöpft sein, wenn dio Bevölkerungsziffer die Höhe von 63000 erreicht hat was in längstens 10 Jahren zu erwarten ist.

Am Schlusse meiner Arbeit sei es mir gestattet, meines verstorbenen Lehrers Professors Dr. Uffelmann für die Anregung zu dieser Arbeit in Dankbarkeit zu gedenken.

Ferner entledige ich mich an dieser Stelle der angenehmen Pflicht, Herrn Professor Dr. Pfeiffer für seine freundliche Unterstützung bei Anfertigung dieser Arbeit meinen aufrichtigsten Dank abzustatten.